Vol.13, No.3, Autumn 2024, pp.184-213 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2023.84657.1419 Open access

Investigating climate change and transformation of natural components with emphasis on floods (Case study: Gorganrood Watershed)

Abdolhafez panahi[a],GholamrezaJanbaz Ghobadi[b*],Sadraddin Motavalli[b] ,Shahryar khaledi[c]

[a] *phd of Geography and climatology ، General Directorate of Meteorology of Golestan Province.golestan,Iran.*

[b] *Associate Professor in Geography , Department of Geography, Islamic Azad University, Noor branch.*

[c] *Professor in Physical Geography, Department of Earth sciences, Shahid Beheshti University,Tehran,Iran.*

Received: 29 September 2023 ***Revised: 14 November 2023*** ***Accepted: 9 December 2023***

Abstract

Changes in land use patterns, deforestation, inefficient management of dams, and unplanned housing developments have significantly increased flood vulnerability. The methodology of this study, considering the nature of the problem and the research objective, is descriptive-analytical and applied, with an emphasis on quantitative methods.

This research examines the regional changes in floods within the Gorganrood watershed using data from meteorological (synoptic) stations spanning a 30-year statistical period (1989–2018). Additional variables include land use, vegetation cover, topographic wetness index, slope, elevation, lithology, distance from the river, river density, erosion, geology, runoff, and simulated average rainfall data from the HadCM3 model under the SRA1B climate change scenario (2011–2045).

The study was conducted in two parts. In the first part, the LARS-WG model was applied for micro-scale climate prediction for both near and distant future periods. In the second part, the SWAT hydrological model was used to assess flood risk, and the Gorganrood watershed was zoned for flood risk probabilities using GIS software with the SWAT extension.

Daily rainfall and temperature values from synoptic stations were calibrated within the SWAT model. The results demonstrate that human interventions in main streams, urban and rural sprawl, construction of dams, degradation of pastures, and deforestation are among the primary factors contributing to the occurrence of sudden floods in the region.

The findings identified high-risk flood zones near the drainage network. The most influential factors contributing to flood risk include flow accumulation, elevation, soil water infiltration, distance from the drainage network, average annual rainfall, drainage density, land use, and slope. These factors have caused different hydrological responses to precipitation events across various sub-basins, influencing the characteristics of flash floods.

Furthermore, the analysis underscores the significant impact of human activities on both the quantity and quality of groundwater resources in the study area, emphasizing the urgent need for improved resource management.

Keywords: Flood Vulnerability Assessment, Hydrological Modeling, Land Use Change, Climate Change Impact,Watershed Management. Geospatial Analysis.

---

*.Corresponding author: GholamrezaJanbaz Ghobadi Email: ggobadi@yahoo.com Tel:+98912071080

How to cite this Article: Panahi, Abdolhafez., & Janbazghobadi, Gholamreza.,&Sadraddin, Motavalli.,&Shahryar.,Khaledi. (2024). Investigating climate change and transformation of natural components with emphasis on floods (Case study: Gorganrood watershed). *Journal of Geography and Environmental Hazards, 13*(3), 184-213.

جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص ۲۱۳-۱۸۴
ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076
نشریه علمی
جغرافیا و مخاطرات محیطی
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22067/geoeh.2023.84657.1419
دسترسی آزاد

بررسی تغییر اقلیم و دگرگونی مؤلفه‌های طبیعی با تأکید بر سیلاب
(مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگانرود)

عبدالحافظ پناهی–دکتری اقلیم‌شناسی، اداره کل هواشناسی استان گلستان.
غلامرضا جانباز قبادی[1]– دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور.
صدرالدین متولی –دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور.
شهریار خالدی –استاد گروه علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی،تهران،ایران.

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۷/۷ **تاریخ بازنگری:۱۴۰۲/۸/۲۳** **تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۹/۱۸**

چکیده

تغییر در الگوهای استفاده از اراضی، تخریب جنگل‌ها، سیستم ناکارآمد مدیریت سدها و رودخانه‌ها باعث افزایش درصد آسیب‌پذیری سیل و سیلاب می‌شود. روش پژوهش حاضر، با توجه به ماهیت مسئله و موضوع موردبررسی، از نوع توصیفی – تحلیلی و مطالعات کاربردی با تأکید بر روش‌های کمی است. در این تحقیق به بررسی وقوع سیلاب تحت شرایط تغییرات اقلیمی و ارزیابی خطرات احتمالی آن و پهنه‌بندی، ابعاد و پیامدهای زیان‌بار آن پرداخته شده است. همچنین تغییرات منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز گرگانرود با کارگیری اطلاعات ایستگاه‌های سازمان هواشناسی (سینوپتیک) با دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷)، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شاخص رطوبت توپوگرافیک، شیب، ارتفاع، لیتولوژی زمین، فاصله از رودخانه، تراکم رودخانه، فرسایش، خاکشناسی، رواناب، داده‌های شبیه‌سازی شده میانگین بارندگی حاصل از مدلHadCM3 در LARS-WG تحت سناریو SRA1B بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ برآورد شده است. در این تحقیق از دو روش متفاوت برای ارزیابی خطر سیل استفاده شد: یعنی در روش اول از مدل LARS-WG برای ریز مقیاس نمائی جهت پیش‌بینی اقلیم آینده (نزدیک و دور) و در روش دوم از مدل هیدرولوژیکی SWAT. با توجه به درصد خطرات احتمالی در حوزه آبریز گرگانرود در محیط نرم‌افزار GIS با

[1]–نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۲۰۷۱۰۸۰
Email:ggobadi@yahoo.com

استفاده از افزونه SWAT پهنه‌بندی گردید. در این پژوهش بر اساس مدل SWAT مقادیر بارش روزانه و دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک واسنجی گردید. نتایج حاصل از این رویکرد نشان داد مداخله انسان در جریان‌های اصلی، پراکندگی شهری و روستایی، ایجاد آب‌بندان و تخریب مراتع و آسیب به جنگل‌ها از اصلی‌ترین عواملی است که در ایجاد سیلاب‌های ناگهانی در منطقه مؤثر بوده است. این رویکرد یکپارچه، ضرورت ارزیابی و اعتبارسنجی مداوم مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی را در حوضه گرگانرود و جریان‌های زودگذر آشکار کرد. نتایج تحقیق نشان داد که مناطق بسیار خطرناک سیل در نزدیکی شبکه زهکشی یافت شده است. همچنین عوامل تأثیرگذار مهم در معرض خطر سیلاب به ترتیب شامل انباشت جریان، ارتفاع و نفوذ آب خاک (همان وزن)، فاصله از شبکه زهکشی، متوسط باران سالیانه، تراکم زهکشی، کاربری زمین و شیب بوده است که موجب پاسخ‌های هیدرولوژیکی متفاوت به رخداد بارش در حوضه‌های مختلف منطقه شده و این امر بر ایجاد و ویژگی‌های سیلاب ناگهانی تأثیرگذار بوده است.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی آسیب‌پذیری سیل ، مدل‌سازی هیدرولوژیکی ، تغییر کاربری زمین ، تأثیر تغییر اقلیم ، مدیریت حوضه آبریز ، تحلیل جغرافیایی.

۱-مقدمه

تغییر خصوصیات رواناب به دلیل تغییر اقلیم، از اصلی‌ترین نگرانی‌های حال حاضر در برنامه‌ریزی طولانی‌مدت منابع آب و حفاظت از سیلاب است. ازاین‌رو، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر هیدرولوژی و منابع آب اهمیت زیادی دارد (Imani, Dalghandi, Emamgholizadeh & Ganji -noroozi, 2022) با توجه به موقعیت کشور ایران که در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است و همچنین، خسارت‌های سیلاب‌ها در سال‌های اخیر، مطالعات مدیریت سیلاب اهمیت زیادی دارد. آثار تخریبی و مداخلات گستردهٔ انسان در حریم و بستر رودخانه‌ها به‌صورت‌های مختلف رخ داده است؛ بنابراین، شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها، برای پیش‌بینی خسارت‌های ناشی از سیلاب، کنترل و مهار سیلاب، ساماندهی رودخانه‌ها و سایر مطالعات ضرورت دارد (Khajuee, Khodashenas & Mosaedi, 2021). از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر عدم درک صحیح از مدیریت منابع موجود، نبود جایگاهی برای آن در سیاست‌گذاری‌های کلان و شرایط اقتصادی حاکم بر عرصه و بهره‌وری بیش از ظرفیت طبیعی منابع موجود شرایطی را فراهم نموده است که هرساله شاهد بروز سیلاب و اثرات تخریبی آن و از دست رفتن میلیون‌ها تن خاک ارزشمند باشیم. بر همین

اساس کاهش و مهار نسبی خطرات سیلاب یکی از چالش‌های عمده مدیریت کشور است. یکی از راهکارهای کاهش خسارت سیلاب، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریزاست (Asgari & Safari, 2018). تغییر اقلیم دارای پیامدها و اثراتی در بروز پدیده گرمایش جهانی، کاهش تولیدات کشاورزی، تغییر در تنوع و پوشش گیاهی مراتع، تغییر سطح آب‌های زیرزمینی، بروز مشکلات اجتماعی و اقتصادی و ... است (Zaree, Asadi, Ebrahimi, Jafari & Malekian, 2019). از عوامل اصلی جاری شدن سیل در شهرها بارش نزولات جوی با شدت بالا و به‌صورت طولانی‌مدت است .مدل‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای هواشناسی اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی محیطی دارد (Aghel poor & Nadi, 2019). پهنه‌بندی سیل، جهت مشخص کردن میزان خطرپذیری به سیلاب برای استفاده‌کنندگان متحمل سیل، شناسایی ناحیه‌ها برای بیمه سیل و ایجاد محدودیت‌های اجباری کاربری در مناطق خطرپذیر قابل‌استفاده هست (Ghasemiayan & Najafi, 2019)

چارچوب نظری از مراحل اساسی علم روش تحقیق است، که بر مبنای نظریه‌های خاص، پدیده را بررسی می‌نماید. درواقع محقق بعد از تعیین موضوع تحقیق و مطالعات اکتشافی با نگاهی فراگیر به اطلاعات جمع آوری شده از منابع اسنادی و غیر اسنادی باید به مهار کردن ایده‌های نظری مرتبط با پدیده موردبررسی بپردازد و محورهای اصلی نظری تحقیق خود را مشخص کند و طرح نظری مناسب با مسئله تحقیق را ارائه دهد. چارچوب نظری از مراحل تعیین‌کننده روش تحقیق است که بر مبنای نظریات خاص موجود در هر رشته‌ای، باید به اثبات قواعد منطقی و همبستگی بین پدیده‌های موردمطالعه در آن تحقیق پرداخت.

پیشینه خارجی و داخلی در زمینه مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر وقوع سیلاب تحت شرایط تغییر اقلیم فلونی و همکاران (Feloni, Mousadis & Baltas, 2020)، محدوده‌های سیل‌خیز منطقه آتیکا در یونان را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در GIS شناسایی نمودند. آن‌ها چارچوبی را پیشنهاد دادند که در آن عمدتاً داده‌هایی نظیر توپوگرافی، پوشش زمین و مواردی ازاین‌دست در مطالعات مدنظر قرار گیرد. کیم و همکاران (Kim, Tantanee & Suparta, 2020) پهنه‌بندی سیلاب با دوره‌های بازگشت ۱۰،۲۰،۵۰ و ۱۰۰ ساله رودخانه‌ی مکونگ پایین کامبوج تایلند را انجام دادند و عنوان کردند که با استفاده از روش‌های موجود در محیط GIS می‌توان خطرپذیری سیلاب را در حوضه‌های آبخیز برآورد کرد. کاستریدیس و همکاران (Kastridis,

(Kirkenidis & Sapountzis, 2020)، با عنوان یک رویکرد یکپارچه از تجزیه‌وتحلیل سیلاب در حوضه‌های آبریز مدیترانه با استفاده از نظرسنجی‌های پس از سیل و وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپادها) اشاره کرد. این مطالعه رویداد سیل ناگهانی دو جریان زودگذر غیرمنتظره را در منطقه المپیادا (یونان شمالی)، که در ۲۱ تا ۲۲ نوامبر ۲۰۱۹ رخ داده است، تجزیه‌وتحلیل می‌کند. نتایج حاصل از این رویکرد نشان داد مداخله انسان در جریان‌های اصلی، پراکندگی شهری، AMC مرطوب و حمل‌ونقل رسوب از اصلی‌ترین عواملی است که در ایجاد سیلاب چشم‌انداز مؤثر بوده است. این رویکرد یکپارچه، ضرورت ارزیابی و اعتبارسنجی مداوم مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی را در حوضه‌های آبریز کوچک دریای مدیترانه و جریان‌های زودگذر آشکار کرد. جیا و همکاران (Jia, Wang, Hersi, Zhao & Liu, 2019)، پژوهشی را با عنوان پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس فرایند تحلیلی سلسله مراتبی و مجموعه متغیرهای فازی انجام داده‌اند و درنهایت مناطق در معرض بیش‌ترین خطر سیل را نام برده‌اند. یودینگ و همکاران (Yodying et al., 2019)، در پژوهشی به ارزیابی خطر سیلاب با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه‌موردی: بانگ رگام در تایلند) پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مناطق بسیار خطرناک سیل در نزدیکی شبکه زهکشی یافت شده است. همچنین عوامل تأثیرگذار مهم در معرض خطر سیلاب به ترتیب شامل انباشت جریان، ارتفاع و نفوذ آب خاک (همان وزن)، فاصله از شبکه زهکشی، متوسط باران سالیانه، تراکم زهکشی، کاربری زمین و شیب بوده است. در تحقیقی که ملینسکی و همکاران (Młyński, Wałęga, Stachura & Kaczor, 2019) بر روی رودخانه ویستولا در کشور لهستان انجام داد، حداکثر آورد سالیانه‌ی رودخانه به‌وسیله پارامترهای فیزیوگرافی حوضه بالادست رودخانه برای ۴۱ ایستگاه بررسی گردید. نتایج نشان داد که مهم‌ترین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه مؤثر بر سیل، شامل مساحت زیر حوضه، اختلاف ارتفاع، شبکه‌ی آبراه‌های حوضه بودند. اقبال و همکاران (Iqbal, Dahri, Querner, Khan & Hofstra, 2018) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی سیل در حوضه‌ی رودخانه کابل برای دو دوره‌ی ۲۰۵۰-۲۰۳۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱ با چهار مدل اقلیمی تحت سناریو RCP4.5، RCP8.5 پرداختند. برای شبیه‌سازی رواناب‌های سالانه حداکثر از مدل SWAT استفاده کردند. برای انجام تحلیل فرکانس از مدل HEC -SSP استفاده کردند. نتایج نشان از افزایش دما و بارش بود همچنین بررسی فراوانی سیل افزایش شدت و کاهش دوره‌ی بازگشت سیل را نشان داد که در RCP8.5 این

مقادیر بیشتر از RCP4.5 بود. نفرزادگان و همکاران (Nafarzadegan, Mohammadifar, Vagharfard & Foruzanfard, 2019) در تحقیقی تحت عنوان ادغام مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تکنیک تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای سیلاب جهت اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها برای کنترل سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دهبار خراسان) به این نتیجه رسیده‌اند که بررسی پارامترهای مؤثر در بروز سیل از طریق رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) می‌تواند در تعیین نقش هر یک از زیرحوضه‌ها در بروز سیلاب راهگشا باشد. گودرزی و فاتحی‌فر (Goodarzi & Fatehifar, 2019) در تحقیق پهنه‌بندی خطر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی تحت سناریو RCP 8.5 با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در محیط GIS (حوضه آذرشهر چای) با استفاده از مدل گردش عمومی CAN ESM2 تحت جدیدترین سناریو و متغیر دما و بارش آماری SDSM ریز مقیاس نمائی شده و با روش هیدرولوژیکی SWAT نقشه حوضه‌بندی و خطوط آبراهه‌ها حاصل گردیده نتایج ارزیابی مدل SDSM با ضریب تعیین و نش- ساتکلیف ۹۵/. به‌طور متوسط بیانگر عملکرد خوب مدل در ریزمقاس نمایی داده‌های بزرگ‌مقیاس است. همچنین افزایش ۲۳/. درجه سانتی‌گراد دما و ۴/۵۳ درصدی بارش و دبی‌های حداکثر در دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۵۹ پیش‌بینی شده است. با مدل SWAT نقشه‌های پایه تحلیل و حوضه با تلفیق نقشه متوسط دبی حداکثر، ضریب شکل حوضه و فاصله از رودخانه که با رویکرد AHP پهنه‌بندی شده است. با توجه به پهنه‌بندی ۴۱/۵۵ درصد از مساحت حوضه درخطر بسیارکم و کم، ۲۷/۲۳ درصد خطر و ۳۱/۲ درصد در خطر زیاد و بسیار زیاد می‌باشد. همچنین با نقشه نهایی مشخص شد که اواسط حوضه به دلیل داشتن شرایط مستعد دارای خطر زیاد است و نیاز به انجام اقدامات مدیریتی دارد. خوش‌روش و همکاران (Khosh Ravesh, Mir naseri & Pasarkello, 2018) در پژوهش تحت عنوان اثر تغییر اقلیم بر فراوانی سیلاب حوضه کلاردشت با استفاده از تلفیق الگوریتم K-nn و مدل HadCM3 به این نتیجه رسیده‌اند که نتایج تحلیل فراوانی سیل نشان داد که دبی سیل در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ با دوره بازگشت ۲۵ ساله در کل حوضه، نسبت به دوره پایه، ۲۱ درصد کاهش دارد. بحری و دستورانی (Bahri & Dastorani, 2017) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز اسکندری به این نتیجه رسیده‌اند که علاوه بر تغییر اقلیم، تغییر کاربری

اراضی به‌عنوان یک عامل جانبی اثرات مهمی بر سیلاب دارد. لذا پیش‌بینی اثر این دو پارامتر بر وضعیت سیلاب دهه‌های آتی، راهگشای مقابله با این پدیده خواهد بود.

با جمع‌بندی پیشینه کارهای انجام شده، می‌توان نتیجه گرفت بررسی تغییرات بارندگی، دبی سیلاب رودخانه در اثر پتانسیل تغییرات اقلیمی در آینده، همچنین بررسی معیارهای طبیعی اطلاعات ارزشمندی می‌دهد که چگونه سطح حوضه آبخیز به این تغییرات واکنش نشان می‌دهد؛ و مدیران را در اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر روند سیل‌خیزی حوضه آبخیز گرگانرود به‌منظور برنامه‌ریزی جهت کنترل سیلاب یاری می‌کند.

تحقیقات پژوهشگران طی سال‌های گذشته نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی اثرات متفاوتی بر روی مؤلفه‌های اقلیم و مؤلفه‌های هیدرولوژیکی دارد که باعث ایجاد خشکسالی و یا سیلاب می‌گردد. برای نمونه ایجاد سیل‌های مخرب سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در کشور خصوصاً در استان گلستان نیاز به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی عناصر اقلیمی و عناصر هیدرولوژیکی حوضه آبخیز را حائز اهمیت و در اولویت قرار می‌دهد. استان گلستان یکی از نقاط سیل‌خیز کشور بوده که تجربه‌های بسیار سختی از سیلاب طی سالیان متمادی در آن وجود دارد با توجه به پیشرفت علم و یافته‌های متفاوت از روند تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی‌-های آینده دور و آینده نزدیک نیاز در این است که از ترکیب و ادغام یافته‌های چندین مدل مثل ریز مقیاس نمائی LARS-WG، SDSM و... استفاده شود

هدف کلی این تحقیق پهنه‌بندی و مدل کردن مناطق تحت سیلاب برای اقلیم در حال تغییر می‌باشد. رویکرد حاکم بر تحقیق رویکرد تغییر اقلیم و اثرات آن بر هیدرولوژی حوضه آبخیز گرگانرود می‌باشد. عواملی مانند گردش وضعی زمین، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی، چرای بیش‌ازحد دام در مراتع، روش‌-های آبیاری نامناسب، افزایش گازهای گلخانه‌ای، در بروز پدیده تغییر اقلیم نقش دارند. لذا در این پژوهش، ما به دنبال آشکارسازی نقش اثرات تغییر اقلیم بر تغییرات سیلاب حوضه آبریز گرگانرود در استان گلستان و پیش‌بینی روند تغییرپذیری این فرایند برای دهه‌های آینده هستیم. به‌طوری‌که با پیش‌بینی‌های مناسب از تغییرات بارندگی در این ناحیه مطالعاتی می‌توان، مدیریت ریسک را جایگزین مدیریت بحران در عرصه‌های طبیعی، روستایی و شهری و همچنین حفاظت از این سرمایه ملی اعمال نمود.

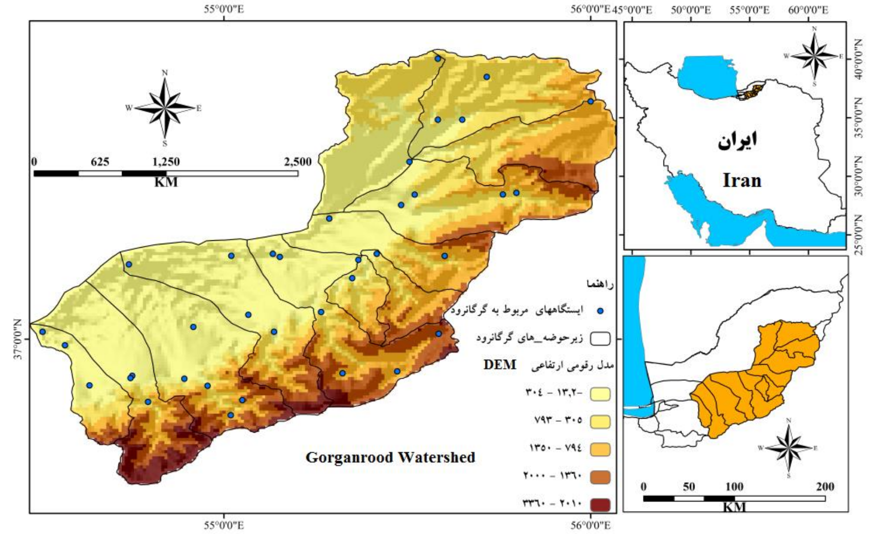
هدف کلیدی پژوهش حاضر پهنه‌بندی و مدل‌سازی مؤلفه‌های طبیعی مبتنی بر سیلاب تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از الگوریتم تحلیل فازی، تحلیل سلسله مراتبی و مدل SWAT در حوضه‌های آبخیز استان گلستان است.

به دلیل بالا بودن ضریب تغییرپذیری زمانی و مکانی بارش در منطقه استان گلستان شناخت منابع آب و متغیرهای محیطی و بررسی آن‌ها که عمدتاً حاصل ریزش‌های جوی است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تدوین و تکوین این پژوهش می‌تواند راه گشای مطالعات بعدی باشد و نیز در برنامه‌ریزی‌های سازمان‌های آب منطقه‌ای، هواشناسی، منابع طبیعی، جهاد کشاورزی، محیط‌زیست، راه و ترابری و کلیه‌ی کاربران اقلیم در جهت توسعه پایدار منطقه مؤثر واقع گردد.

درواقع امکان برنامه دقیق‌تر مدیریت منابع آب منطقه و کمک به محاسبه دقیق‌تر بارش منطقه در کنار متغیرهای محیطی دیگر ازجمله مزایای این پژوهش است. تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه پدیده بارش صورت در منطقه استان گلستان و ایران صورت گرفته است ولی هیچ‌کدام این متغیر اقلیمی را با دیدگاه تغییرپذیری اقلیمی همراه با متغیرهای محیطی به‌صورت تلفیقی بررسی نکرده‌اند که شرح مختصری از این پژوهش‌ها در ذیل اشاره می‌شود.

۲-داده‌ها و روش کار

حوضه آبریز گرگان رود با مساحت ۱۰۱۹۷ کیلومترمربع یکی از حوضه‌های شمال شرق کشور بوده که بخش وسیعی از آن در استان گلستان واقع است این حوضه از جنوب مشرف به سلسله جبال البرز شرقی، از شرق به کوه‌های آلاداغ و گلی داغ، از شمال به حوضه آبریز اترک و از غرب به دریای خزر و حوضه آبریز قره‌سو محدود می‌شود این حوضه در محدوده مختصات جغرافیایی طول شرقی ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه محصور گردیده است. شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز گرگان رود در ایران و استان گلستان نشان می‌دهد. حوضه آبخیز گرگان رود ازلحاظ اقلیمی بسیار متنوع بوده و بر طبق طبقه‌بندی این حوضه دارای اقلیم‌های مرطوب، نیمه مرطوب، مدیترانه‌ای، نیمه‌خشک و خشک است همچنین عموماً در کلیه مناطق حوضه، ماه‌های آذر، دی و خصوصاً بهمن و اسفند مرطوب‌ترین و خرداد لغایت شهریور خشک‌ترین ماه‌های سال است (Soltani, Galeshi & Zeinali, 2000).



شکل ۱– موقعیت محدوده موردمطالعه

Fig.1. Location of the study area

پژوهش حاضر، با توجه به ماهیت مسئله و موضوع موردبررسی، از نوع توصیفی – تحلیلی است و از نوع مطالعات کاربردی با تأکید بر روش‌های کمی است، به‌منظور دستیابی به اهداف این پژوهش از یکی از خروجی‌های مدل اول AOGCM[1] استفاده شده است. مدل دوم LARS-WG[2] که یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا می‌باشد برای تولید سری سناریوهای مختلف مربوط به IPCC (کمیسیون بین‌الدول تغییر اقلیم مربوط به سازمان ملل متحد) برای حوضه مطالعاتی مورداستفاده قرار گرفته است. سری و سناریوهای مورداستفاده در پژوهش سه سری و سناریو بوده است. با توجه به تنوع سناریوهای مختلف موجود، نحوه انتخاب آن‌ها برای حوضه مطالعاتی، متنوع بوده است. تغییرات سری و سناریوها در انتشار گازهای گلخانه‌ای و جمعیت پیش‌بینی شد؛ آینده دنیا و همین‌طور سایر مسائل تأثیرگذار در نوع آن‌ها می‌باشد. با توجه به این مسائل در این مطالعه نحو تأثیر این سری و سناریوها بر روی دو شاخص عمده زیست‌محیطی دما و بارش و همین‌طور تأثیر آن بر روی رواناب و پیرو آن بر سایر مؤلفه‌های زیست‌محیطی موردبررسی قرار گرفت. بدین منظور ۱ سناریوی سوم SRA1B[3] و هرکدام در ۱ سری انتشار ۴۴ ۲۰۱۱–۲۰

---

[1] Atmosphere-Ocean General Circulation Model
[2] Lang Ashton Research Station Weather Generator
[3] Special Report on Emissions Scenarios

با در نظر گرفتن دورهٔ پایه ۲۰۰۷–۲۰۱۱ (تهیه شده از آمار ایستگاه‌های سینوپنیک منطقه جدول ۱) مورد استفاده قرار گرفته است. پس از ایجاد سناریو در ۱ گروه، خروجی آن‌ها در فایل‌های مربوطه در مدل LARS-WG استخراج و در نرم‌افزار EXCEL ذخیره گردید تا در مراحل بعدی تحقیق مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که در این پژوهش با توجه به دوره پایه در نظر گرفته شده ۲۰۰۷–۲۰۱۱ مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه میانگین بارش و دمای ماهانه دوره پایه برای ماه‌های مختلف سال از آمار این ایستگاه استخراج شد و سپس مدلLARS-WG5 میانگین بارش و دمای ماهانه را برای دوره‌های آتی شبیه‌سازی نمود. همچنین دمای کمینه (حداقل) و دمای بیشینه (حداکثر) برای دوره‌های آتی نیز توسط مدل محاسبه شد و با توجه به این موارد و مقدار T اختلاف برای دما) و P (نسبت برای بارندگی) جهت ریز مقیاس نمائی برای این حوضه محاسبه گردیده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب جهت آنالیز پارامتر بارندگی

Table 1- Specifications of the selected stations for the analysis of rainfall parameters

ردیف Num.	نام ایستگاه Station Name	LAT	Lon	ردیف Num.	نام ایستگاه Station Name	LAT	Lon
1	علی‌آباد کتول Ali abad Katool	54.88	36.90	7	هاشم‌آباد گرگان Hashem abad	54.27	36.85
2	بندر گز Bandar Gaz	53.59	36.77	8	اینچه برون Inche bron	54.29	37.45
3	بندر ترکمن Bandar Torkaman	54.07	36.90	9	کلاله Kalaleh	55.46	37.39
4	گلوگاه Galogah	53.82	36.78	10	مراوه‌تپه Marave Tepe	55.95	37.90
5	گنبد کاووس Gonbad Kavos	55.17	37.52	11	مینودشت Minodasht	55.63	37.37
6	گرگان Gorgan	54.41	36.91				

منبع: اداره کل هواشناسی استان گلستان،۱۳۹۹.

مدل SWAT[1]:

مدل SWAT یک Extension تحت نرم‌افزار ArcGIS می‌باشد که به شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی اصلی شامل تبخیر و تعرق، رواناب سطحی، نفوذ عمقی، جریان آب زیرزمینی و جریان‌های زیرسطحی توسط مدل شبیه‌ساز می‌پردازد. این مدل در جهت مدل‌سازی مدیریت آب، سموم و رسوب در مقیاس حوزه

[1] Soil and Water Assessment Tools

مورد استفاده قرار می‌گیرد. ورودی‌های این مدل شامل داده‌های هواشناسی، جنس و ترکیبات خاک هر منطقه، نوع کاربری زمین در منطقه، نوع پوشش گیاهی منطقه، مقادیر شیب و طول شیب در نواحی مختلف می‌باشد که به طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل SWAT مدلی در مقیاس حوزه آبریز می‌باشد که توسط Jeff Arnold برای اداره خدمات تحقیقات کشاورزی آمریکا ارائه‌شده است. این مدل برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت اراضی بر مقادیر آب، رسوب و مواد شیمیایی کشاورزی در سطح حوزه‌های آبریز پیچیده و بزرگ با انواع خاک، کاربری اراضی و شرایط مختلف مدیریتی در درازمدت طراحی‌شده است.SWAT مدلی فیزیکی می‌باشد که به‌جای ضمیمه کردن روابط رگرسیونی برای تشریح روابط بین متغیرهای ورودی و خروجی، نیازمند اطلاعاتی در مورد آب‌وهوا، مشخصات خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و روش‌های مدیریت و کاربری اراضی در سطح حوزه می‌باشد. فرآیندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب، حرکت رسوبات، رشد گیاه، چرخه مواد مغذی و مشابه آن در این مدل به‌طور مستقیم از روی پارامترهای ورودی شبیه‌سازی می‌شوند (Lu et al., 2015).

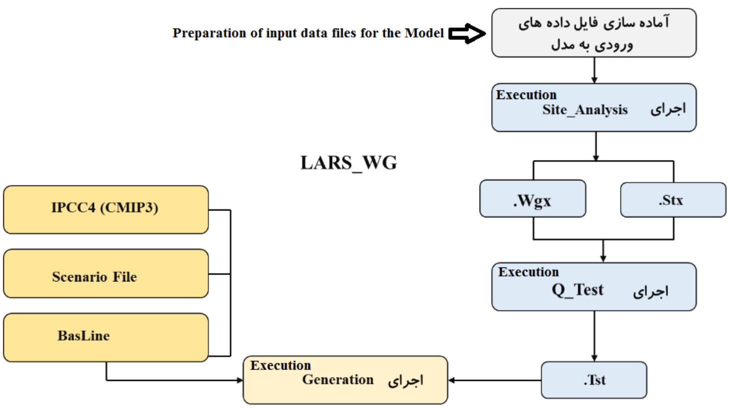
متغیرهای مکانی ورودی مدل SWAT در این تحقیق شامل لایه‌های اطلاعاتی مدل رقومی ارتفاع (DEM)، لایه خاک همراه با اطلاعات بافت خاک، لایه کاربری اراضی همراه با اطلاعات توصیفی آن است. متغیرهای هیدروکلیماتولوژی و عددی ورودی مدل SWAT شامل مقادیر روزانه بارش، درجه حرارت حداقل و حداکثر مربوط به ایستگاه‌های داخل و خارج حوضه و متوسط رواناب روزانه خروجی حوضه به همراه موقعیت‌های جغرافیایی آن‌ها می‌باشد. شبیه‌سازی حوضه‌های بزرگ و پیچیده با استراتژی‌های مختلف مدیریتی، بدون صرف هزینه و زمان زیاد قابل انجام می‌باشد. این امکان را به کاربر می‌دهد، تا اثر بلندمدت برخی از عوامل ازجمله آلودگی و فرسایش را بررسی نماید. نحوه انجام کالیبراسیون و اعتبار سنجی در این نرم‌افزار بدین‌صورت بوده است که بر اساس ۲۰ پارامتر حساس انتخاب شده به شرح جدول ۲ شبیه‌سازی صورت گرفت.

جدول ۲- پارامترهای حساس انتخاب شده و محدوده تغییرات آن‌ها

Table 2- Selected sensitive parameters and their range of changes

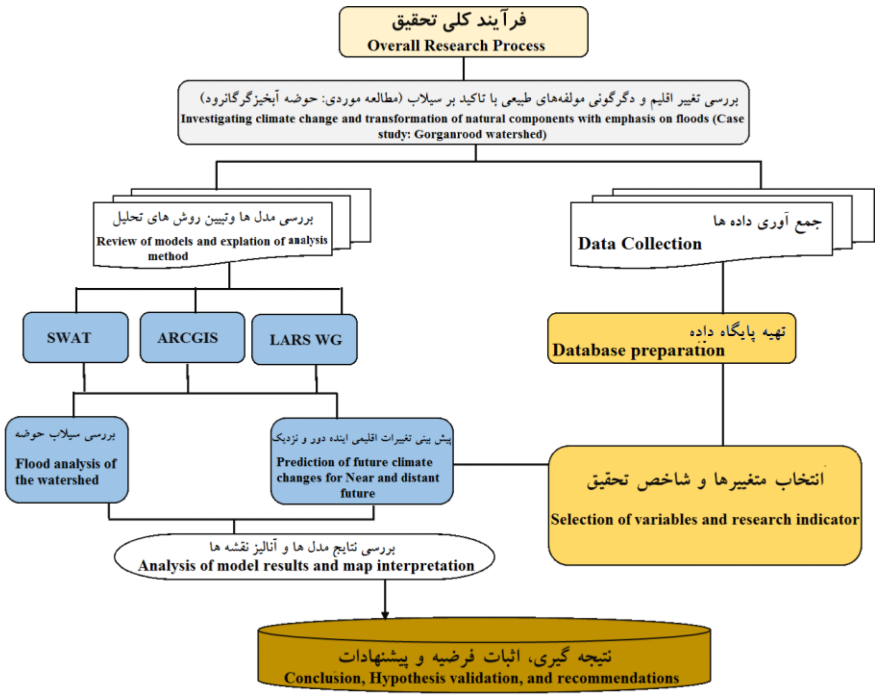
حداکثر مقدار Max. Value	حداقل مقدار Min. Value	نام پارامتر انگلیسی Parameter Name	نام پارامتر فارسی Parameter Name	شماره NUm
0.4	-0.3	r__CN2.mgt	شماره منحنی روش SCS SCS Curve Number	1
3	1	v__ALPHA_BF.gw	ثابت تخلیه آب زیرزمینی Groundwater Drainage Constant	2
360	50	v__GW_DELAY.gw	زمان تأخیر آب زیرزمینی Groundwater Delay Time	3
3	1	v__GWQMN.gw	حداقل مقدار ذخیره آب لازم برای رویداد جریان پایه Minimum Required Water Storage for Base Flow Event	4
2.045	0.658	r__ESCO.hru	فاکتور جبران تبخیر در خاک Soil Evaporation Compensation Factor	5
0.321	0.3	r__GW_REVAP.gw	ضریب تعیین نفوذ به سفره عمیق از سفره کم‌عمق Coefficient of Deep Aquifer Recharge from Shallow Aquifer	6
56.36	-11.47	r__CH_K2.rte	هدایت هیدرولیکی خاک میلی‌متر در ساعت Soil Hydraulic Conductivity (mm/h)	7
0.562	0.314	r__CH_N2.rte	ضریب مانینگ کانال Manning's Channel Coefficient	8
0.496	-0.167	r__ALPHA_BNK.rte -	ضریب آلفای آب زیرزمینی Groundwater Alpha Coefficient	9
1.9	-0.3	r__SOL_AWC().sol	رطوبت قابل‌استفاده لایه‌های خاک sable Soil Moisture for Soil Layers	10
0.4	-0.3	r__EPCO.hru	ضریب تبخیر خاک Soil Evaporation Coefficient	11
3	0.2	r__SOL_K().sol	هدایت هیدرولیکی اشباع (mm/h) Saturated Hydraulic Conductivity (mm/h)	12
100	0	r__PLAPS.sub	نرخ تغییرات بارش در ارتفاع در هر زیر حوضه Precipitation Change Rate with Elevation in Each Sub-basin	13
3	0	r__RCHRG_DP.gw	درصد تغذیه سفره عمیق از سفره کم‌عمق یا غیر محصور Percentage of Deep Aquifer Recharge from Shallow or Unconfined Aquifer	14
700	0	r__REVAPMN.gw	حداقل مقدار ذخیره آب لازم در سفره برای شروع تبخیر mmH2O Minimum Water Storage Required in the Aquifer to Initiate Evaporation (mmH2O)	15
3	-3	r__SMTMP.bsn	دمای ذوب توده برف Snow Melt Temperature	16
100	0	r__SMFMN.bsn	حداقل ذوب برف Minimum Snowmelt	17
700	0	r__REVAPMN.gw	ضریب تبخیر از سفره زیرزمینی Groundwater Evaporation Coefficient	18
100	0	r__SMFMX.bsn	حداکثر ذوب برف	19

1	0.1	r__TIMP.bsn	Maximum Snowmelt فاکتور تأخیر دما در پشته برف Temperature Delay Factor in Snowpack	20



شکل ۲- فرایند تحقیق شبیه‌سازی بارش باران آینده با استفاده از روش LARS_WG.5

Fig.2. The research process of simulating future rainfall using the LARS_WG.5 method



شکل ۳- فرایند تحقیق پهنه‌بندی منطقه‌ای سیلاب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT

Fig.3. The research process of flood regional zoning using SWAT hydrological model

۳-نتایج و بحث

سناریوهای تغییر اقلیم دمای ماهانه از مدل HadCM3 برای ماه‌های مختلف سال نیز نشان‌دهنده بیشترین تغییرات دمایی در ماه‌های ژوئن، آگوست و فوریه می‌باشد که نشان‌دهنده گرم‌تر شدن ماه‌های گرم سال و حتی گرم‌تر شدن ماه فوریه در دوره‌های آتی می‌باشد که این پدیده‌ها نیز بر روی زمان گل‌دهی گیاهان، ایجاد تنش آبی در فصول تابستان تأثیر خواهد گذاشت. طبق جداول ۳- ۱۲ مقایسه میانگین دمای ماهانه دوره پایه و شبیه‌سازی شده با مدل HadCM3 در منطقه نشان می‌دهد که ماه‌های ژوئن و آگوست با افزایش درجه حرارت در دوره‌های آتی همراه خواهد بود ولی در ماه‌های آوریل و می دما در دوره‌های آتی کمتر می‌شود که از جنبه‌های گوناگون قابل‌بررسی می‌باشد. مقایسه میانگین دماهای حداکثر (بیشینه) و حداقل (کمینه) در دوره پایه و شبیه‌سازی شده با مدل HadCM3 حوضه آبخیز گرگانرود نیز نشان‌دهنده گرم‌تر شدن ماه‌های گرم سال و تأیید موضوع موردبحث را دارد. نتایج نشان می‌دهند که هم دمای حداکثر و هم دمای حداقل ایستگاه‌ها در دوره آینده افزایش خواهد یافت.

برخی از نتایج این افزایش دما در منطقه به شرح ذیل است:

-گرم شدن زمین (افزایش درجه حرارت) موجب تغییر در توزیع زمانی و مکانی بارش و همچنین میزان و نوع آن (برف و باران)، تغییر در میزان بزرگی سیلاب‌ها، تغییر در میزان آورد سالیانه و ... می‌شود.

-افزایش دما، هم میزان برف را کاهش داده و هم‌زمان ذوب آن را از فصل بهار به فصل زمستان تغییر خواهد داد که این مسئله بر الگوی فصلی جریان آب رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد و میزان رواناب را در زمستان افزایش و در تابستان کاهش می‌دهد.

-افزایش درجه حرارت و بالا رفتن میانگین دمای فصل زمستان سبب کاهش تفاوت دمایی بین زمستان و تابستان گردیده که ازجمله پیامدهای این امر کاهش تزریق آب‌های زیرزمینی و کاهش منابع آب خواهد شد.

-افزایش دما منجر به افزایش تقاضا آب برای کشاورزی به جهت تبخیر فراوان می‌شود.

در تمامی این ایستگاه‌ها با توجه به پیش‌بینی‌های انجام شده به‌وسیله مدل LARS-WG بارندگی برای سناریو بارش در دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه در بعضی ماه‌ها افزایش و در بعضی ماه‌ها کاهش داشته

است. به‌طوری‌که در ماه تابستان کاهش بارش و در مقابل فصل زمستان نسبت به دوره‌ی پایه بارندگی افزایش خواهد یافت.

در این پژوهش جهت بررسی پدیده تغییر اقلیم و برهمکنش آن بر سایر مؤلفه‌های چرخه آب از ۱ سری سناریو SRA1B استفاده شده است. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۲۰۱۱-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدلHadCM3 برای سناریوی SRA1B سال (۲۰۱۱-۲۰۴۵) نیز نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجه بارش در این سری سناریو در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر دارد که این روند با کمی تغییرات قابل مشاهده است؛ که از نظر تأثیرات این پدیده قابل‌بررسی می‌باشد. همچنین به‌منظور بررسی دقیق‌تر موضوع درصد تغییرات بارش نیز برای حوضه آبخیز موردنظر تهیه گردیده است که با مطالعه وضعیت میانگین درصد تغییرات بارش برای سناریویSRA1B در ۲ دوره؛ ۲۰۱۱-۲۰۴۵، ۲۰۴۵-۲۰۶۵ نیز نشان‌دهنده تغییرات بارش از در ماه آگوست در دوره، ۲۰۱۱-۲۰۴۵ تا ۳۷/۵ درصد در ماه نوامبر همین دوره نسبت به دوره پایه را دارد.

افزایش بسیار بالای تغییرات بارشی در ماه نوامبر نیز به جهت ایجاد سیلاب‌های پائیزه قابل‌بررسی و تعمق می‌باشد.

بیشترین افزایش بارش ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 با رقم ۱۰۰ میلی‌متر برای سناریوی SRA1B در ماه نوامبر می‌باشد که این رقم بیش از سه برابر بارش دوره پایه در منطقه مطالعاتی می‌باشد که ازلحاظ ایجاد سیلاب‌های مهیب و آمادگی جهت مقابله با حوادث احتمالی را می‌طلبد، روند افزایش و کاهش بارندگی در ماه‌های مخصوصاً اکتبر و نوامبر و کاهش بارندگی در ماه‌های جولای و آگوست می‌باشد.

بررسی متغیرهای اقلیمی مرتبط با پوشش اراضی در چهار دهه گذشته در پهنه استان گلستان نشان می‌دهد که به همراه افزایش وسعت اراضی، میانگین متغیرهای اقلیمی مانند دما، تبخیر پتانسیل و درصد خشکسالی افزایش یافته است، این میزان برای دما در چهار دهه به‌طور متوسط معادل ۰.۴۷ درجه سانتی‌گراد، برای تبخیر پتانسیل معادل ۸۱.۳ میلی‌متر است. البته لازم به ذکر است که افزایش تبخیر پتانسیل از شدت بیشتری (معادل ۱۴۳.۵ میلی‌متر) برخوردار شده است. به‌طوری‌که متوسط کاهش دهه‌ای نقطه شبنم معادل ۰.۱ درجه

سانتی‌گراد است. همچنین کاهش متوسط بارش، تبخیر واقعی، رواناب به ترتیب معادل ۹.۰۱، ۸.۲۷ و ۵.۶۳ میلی‌متر است.

جدول ۳–مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه بندر ترکمن

Table 3- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by HadCM3 model for 2011 to 2045 at Bandar Turkmen station.

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٤٧.٠٨	٥١.٤٢	٤٧.٧٢	٢٦.٠١	١١.٩١	٢٦.٨	٢٩.٦٤	٢١.٧	٤٩.٧٦	٦٢.٣٨	٦٠.٠٤	٤٩.٦٣	obs
٣٠٨٢	٣٠.٠٩	٢٣.٩١	١٩٨٢	٨٨	٢٩.٠٣	٣٩	٣١.٠٤	٣٩٤٣	٦٧.٠١	٤٣.٧٦	٢٢.٠٨	sd
٥٨.٣٦	٦٤.٩٨	٣٨.٥٧	٢٤.٩٤	٧.٥٩	٤١.٥٩	٥٤.٠٤	١٣.٩١	٤٩٨٧	٤٨.٧٦	٥٧.٩٢	٤٨.٠٧	gen
٢٨.٩	٣٢.٩٢	٢٨٨٧	١٤٨٦	٦.٧٩	٣٩٨	٥٦.٥٣	٢١٨٩	٥٨.٦٦	٤٢.٧	٣٢٨٣	٣٤.٣٦	sd
−٠٨٠	−٠.٩١	٠.٧٣	٠.١٣	١.١٧	−٠.٩٠	−١.٠٧	٠.٦٢	−٠.٠١	٠.٥١	٠.١٢	٠.١٢	t
٠٤٤	٠.٣٨	٠.٤٧	٠.٩	٠.٢٦	٠.٣٨	٠.٣	٠.٥٥	١	٠.٦١	٠.٩١	٠.٩١	p-t
١.١٤	١.٢	١.٤٦	١.٧٨	١.٦٨	١٨٨	٢.١	٢.٠١	٢.٢١	٢.٤٦	١.٧٨	٢٤١	f
٠٨٦	٠٨١	٠.٦١	٠.٤٣	٠.٤٨	٠.٣٩	٠.٣١	٠.٣٤	٠.٢٨	٠.٢٢	٠.٤٣	٠.٢٤	p-f
−٢٣.٩٦	−٢٦.٣٧	١٩.١٧	٤.١١	٣٦.٢٧	−٥٥.١٩	−٨٢.٣٢	٣٥.٩	−٠.٢٢	٢١٨٣	٣.٥٣	٣.١٤	سطح نزدیکی

جدول ۴ – مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه علی‌آباد

Table4 - Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Aliabad station

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٦١.٠٢	١١٣.٣٤	٧٣.٦	٥٤.٧٢	٣٢.٣٦	٣٠.٦٨	٦.١٦	٥٥.١٨	٨٠.٢٦	٦٧.٥٢	٦٥.٢٨	٤٧.٤٢	obs
٢٤.٢٢	٢٩.٠٢٤	٢٩.١٢٥	٢٤.٨٧٣	٩.٤٧١	١٩.٩٩١	٥.٨٢١	٣٩.٣٩٧	٧٥.٤٠٧	٧١.٣٤٣	٤٨.٨٠٨	١٦.٣٩٩	sd
٤٨٤	١٣٠.٦٦	٧٥.١٦	٦٦.٩	٣٠.١٤	٣٤.٣٦	٦.٩	٨٧.٦	٥٥.٩٨	٤٨٨٦	٣٩.٧	٣٥.٤	gen
١٥.٧٦٩	٣٩.١٦٩	١٧.١٨٤	٢٣.١٦٦	١٧.٠٠١	١١.٧٥٩	٥.٣٧٩	٣٩.٦٤٨	٥٠.٩٨٣	٢٩.٩٦٢	٤١.٨٦٤	٣١.٢٨٨	sd
٠.٩٧٦	−٠.٧٩٤	−٠.١٠٣	−٠.٨٠١	٠.٢٥٥	−٠.٣٥٥	−٠.٢٠٩	−١.٢٩٧	٠.٥٩٦	٠.٥٣٩	٠.٨٩	٠.٧٦١	t
٠.٣٥٧	٠.٤٥	٠.٩٢	٠.٤٤٦	٠.٨٠٥	٠.٧٣٢	٠.٨٤	٠.٢٣١	٠.٥٦٧	٠.٦٠٤	٠.٤	٠.٤٦٩	p-t
٢.٣٥٩	١٨٢١	٢٨٧٣	١.١٥٣	٣.٢٢٢	٢٨٩	١.١٧١	١.٠١٣	٢.١٨٨	٥.٦٧	١.٣٥٩	٣.٦٤	f
٠.٤٢٦	٠.٥٧٦	٠.٣٣١	٠.٨٩٤	٠.٢٨٣	٠.٣٢٩	٠.٨٨٢	٠.٩٩	٠.٤٦٧	٠.١٢١	٠.٧٧٣	٠.٢٣٩	p-f
٢٠.٦٨	−١٥.٢٨	−٢.١٢	−٢٢.٢٦	٦٨٦	−١١.٩٩	−١٢.٠١	−٥٨.٧٥	٣٠.٢٥	٢٧.٦٤	٣٩.١٩	٢٥.٣٥	سطح نزدیکی

جدول ۵– مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ کلاله

Table 5- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for the years 2011 to 2045 at kalaleh station

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٣٥.٤٢	٧٨.٠٦	٦١.٢٢	٧٨.١	٣٦.٠٨	٢٩.٩٤	٢٢.١	٢٨.٥٢	٢٥٨٦	٤٤.٣٢	٣٥.٠٢	٥٨.٤٦	obs
١٦.٥٣٥	٥٣.١٨٥	٤٩.٥٤٦	٤٨.٠٣١	١١.٠٩٤	٢٠.٠٨٦	١٣٨٠٦	٣٩ ٨٧٣	٢٠.٧٣٥	٥٩.١١٢	٢٦.٥٦٥	٢٨.٠١٦	sd
٢٢.١٨	٦٩.٨٢	٤٦.٧٦	٨٤ ٨٦	١٣.٣	٣٧.٥٤	٢٧.٨٨	٣٦.٢٤	٣٦.١٤	٢٠.٠٤	٥١ ٤٤	٥٢٨	gen
١١.١٨٤	٣٥.٧٣٣	٢٧.٨٦١	٢٥.٣٤٨	١١.١١٤	٣٢٤١٨	١٠.٣٦١	٢٥٤٨٥	١٣.٣٣٣	٢١.١	٢٢.٣٧٦	٤١٨٨٩	sd
١.٤٨٣	٠.٢٨٨	٠.٥٦٩	-٠.٢٧٨	١.٨٢	-٠.٤٤	-٠.٧٤٩	٠.١٠٨	-٠.٠٢٥	٠.٨٦٥	-١.٠٥٧	٠.٢٥١	t
٠.١٧٦	٠.٧٨١	٠.٥٨٥	٠.٧٨٨	٠.١٠٦	٠.٦٦٨	٠.٤٧٥	٠.٩١٧	٠.٩٨	٠.٤١٢	٠.٣٢١	٠.٨٠٨	p-t
٢.١٨٦	٢.٢١٥	٣.١٦٢	٣.٥٩١	١.٠٠٤	٢.٦٠٥	١.٧٧٦	٢٤٤٨	٢٤١٩	٧٨٤٨	١.٤٠٩	٢.٢٣٦	f
٠.٤٦٧	٠.٤٦	٠.٢٩١	٠.٢٤٣	٠.٩٩٧	٠.٣٧٦	٠.٥٩٢	٠.٤٠٧	٠.٤١٣	٠.٠٧١	٠.٧٤٨	٠.٤٥٥	p-f
٣٧.٣٨	١٠.٥٦	٢٣.٦٢	-٨.٦٦	٤٩	-٢٥.٣٨	-٢٦.١٥	٧.٩٩	-١.٠٨	٥٤.٧٨	-٤٦.٨٩	٩.٦٨	سطح نزدیکی

جدول ۶– مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه هاشم‌آباد

Table 6- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Hashem abad station.

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٦١.٠٢	١١٣.٣٤	٧٣.٦	٥٤.٧٢	٣٢.٣٦	٣٠.٦٨	٦.١٦	٥٥.١٨	٨٠.٢٦	٦٧.٥٢	٦٥.٢٨	٤٧.٤٢	obs
٢٤.٢٢	٢٩.٠٢٤	٢٩.١٢٥	٢٤.٨٧٣	٩.٤٧١	١٩.٩٩١	٥٨٢١	٣٩.٣٩٧	٧٥.٤٠٧	٧١.٣٤٣	٤٨٨٠٨	١٦.٣٩٩	sd
٤٢.٤٧	١٢٨.٥	٧٤.١٨	٦٦.١٥	٢٥.٧	٣٢.٣٣	٦٨٥	٨٣.٣٢	٥٠.٢٨	٤٨.٠٨	٣٧.٢٨	٣١.٧٧	gen
٩.٨٧٦	٤٤ ٨٨٣	١٩.٦٧٩	٢٦.٦٨	١٥.٩٣٦	١٢.٥٢	٦.٢١	٤٤ ٤٣١	٥٦.٩٩٨	٣٤.٥٣٨	٤٧.٩٣٣	٣٤ ٨٩٥	sd
١.٤٢٤	٠.٦١٦-	-٠.٠٣٤	-٠.٦٦٤	٠.٧٨٥	-٠.١٤٣	-٠.١٧٢	-١.٠٠٨	٠.٦٥٦	٠.٤٩٦	٠.٨٦٢	٠.٨٩٧	t
٠.١٩٨	٠.٥٥٧	٠.٩٧٤	٠.٥٢٨	٠.٤٥٨	٠.٨٩١	٠.٨٦٩	٠.٣٤٧	٠.٥٣٣	٠.٦٣٥	٠.٤١٧	٠.٣٩٩	p-t
٦.٠١٤	٢.٣٩١	٢.١٩	١.١٥١	٢.٨٣١	٢.٥٥	١.١٣٨	١.٢٧٢	١.٧٥	٤.٢٦٧	١.٠٣٧	٤.٥٢٨	f
٠.١٧٢	٠.٤١٩	٠.٥٤٦	٠.٨٦٢	٠.٣٤١	٠.٤٦٨	٠.٨٦٩	٠.٧٩٤	٠.٦٧٤	٠.٢٦٣	٠.٩٨٣	٠.١٧٩	p-f
٣٠٤	-١٣.٣٨	-٠.٧٩	-٢٠.٨٩	٢٠.٥٨	-٥.٣٨	-١١.٢٠	-٥١.٠٠	٣٧.٣٥	٢٨.٧٩	٤٢.٨٩	٣٣	سطح نزدیکی

جدول ۷– مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه گنبدکاووس

Table 7- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Gonbad kavos station.

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٤٣.٣٥	٤٨.٩١	٥٨.٩٩	٥١.٩٢	٢٤ ٤١	١٥.٦	١٩.٩٧	٢٢.٨٣	٢٥.٦٧	٣٢.١٩	٤٤.٧٤	٤٢.٦٦	obs
٢٥.١٨٨	٣٠.٧٠٥	٣٣.٧٤١	٣٤.٢٥١	١٥.٣٣٢	١٣٤٧١	٢٣.٢١٨	٢٦.٠٢٨	٢٣.١٨٣	١٧.٢٩٥	٢٥.٢٠١	١٨.٢٥٩	sd
٥٤.١٦	٤٩.٦١	٧٠.١٤	٦٩٤٧	٢٦.٢٤	٢٠.٩٢	٢٢.٠٩	٢١.٠٩	٢٤.٧٦	٢٩.١١	٤٣.٢١	٣٥٨١	gen
٢٤.٠٨	٢٦.٢٩٨	٣٣.٧٧٧	٣٣٨٤١	٢٢.٧٣٢	٢٩.٢٤٥	٢٥٤٣١	٢٩.٠٤٧	٢٥٨٩	٢١.٠٤٣	٢١.٣٧١	٢٣.٥١٧	sd
−١.٢٤١	−٠.٠٦٩	−٠.٩٣٤	−١.٤٥٨	−٠.٢٦٧	−٠.٦٦٢	−٠.٢٤٦	٠.١٧٨	٠.١٠٦	٠٤٥٢	٠.١٨٥	٠.٩٢	t
٠.٢٢٤	٠.٩٤٥	٠.٣٥٨	٠.١٥٥	٠.٧٩١	٠.٥١٣	٠.٨٠٧	٠.٨٦	٠.٩١٦	٠.٦٥٤	٠.٨٥٥	٠.٣٦٥	p-t
١.٠٩٤	١.٣٦٣	١.٠٠٢	١.٠٢٤	٢.١٩٨	٤.٧١٣	١.٢	١.٢٤٥	١.٢٤٧	١.٤٨	١.٣٩١	١.٦٥٩	f
٠.٨٦٤	٠.٥٥٦	٠.٩٩٧	٠.٩٦٣	٠.١٣٨	٠.٠٠٥	٠.٧٢٩	٠.٦٧٦	٠.٦٧٤	٠.٤٥٦	٠.٥٣١	٠.٣٣٨	p-f
−٢٤.٩٤	−١.٤٣	−١٨.٩٠	−٣٣.٨٠	−٧.٥٠	−٣٤.١٠	−١٠.٦٢	٧.٦٢	٣.٥٤	٩.٥٧	٣.٤٢	١٦.٠٦	سطح نزدیکی

جدول ۸– مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه مراوه‌تپه

Table 8- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Marave Tappe station.

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٣٢.٥	٣٧.٧٥	٤٧.٩٦	٤٥٤٦	٢٠.٨٧	٢٠.٩٦	١٧.١٦	١١.٩١	١٩.١٩	٣٥.٦١	٣٦٤٥	٣١.١٩	obs
١٨.٥٣٥	١٩.٢	٢٦.٣٩	٣٠.٦٧٨	١٤.٦٩٩	٢٥.١٢٣	٢٠.٣٥١	١٤.٩٦٤	٢١.٠٥٣	٢٦.٠٨٢	٢٠.٢٠٢	١٧.٥٧١	sd
٣٣.١٣	٣٩.٢٨	٤٠.٩٦	٤٤.١٧	١٨.٠٥	١٧.١١	١٨.٣	٩.٣١	١٦.٥٢	٥٩.١١	٤٥.١	٢٢	gen
٢٢.٩٢٦	١٩.٥٣٦	١٥.٦١٨	٢٤.٦٤	١١.٣٨٥	٢٧.٣٤	٢٧.٢٨٤	٨٨٥٩	١٥.٦٦٧	٣٨٨٩٨	٣٠.٢٩١	١٤.٣٦٤	sd
−٠.٠٨٦	−٠.٢٢٣	٠.٩١٣	٠.١٣٢	٠.٦٠٦	٠.٤١٤	−٠.١٣٤	٠.٦	٠.٤٠٨	−٢.٠٠٨	−٠.٩٥	١.٦٢	t
٠.٩٣٢	٠.٨٢٥	٠.٣٦٩	٠.٨٩٦	٠.٥٤٩	٠.٦٨٢	٠.٨٩٥	٠.٥٥٣	٠.٦٨٦	٠.٠٥٤	٠.٣٥	٠.١١٦	p-t
١.٥٣	١.٠٣٥	٢٨٥٥	١.٥٥	١.٦٦٧	١.١٨٤	١.٧٩٧	٢٨٥٣	١٨٠٦	٢.٢٢٤	٢.٢٤٨	١.٤٩٦	f
٠٤٢	٠.٩٤٧	٠.٠٥١	٠.٤٠٦	٠.٣٣٣	٠.٧٤٨	٠.٢٦٧	٠.٠٥١	٠.٢٦٤	٠.١٣٣	٠.١٢٨	٠.٤٤٤	p-f
=١.٩٤	−٤.٠٥	١٤.٦	٢٨٤	١٣.٥١	١٨.٣٧	−٦.٦٤	٢١.٨٣	١٣.٩١	−٦٥.٩٩	−٢٣.٧٣	٢٩.٤٦	سطح نزدیکی

جدول ۹- مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه اینچه برون

Table 9-Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Inche Borun station.

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٣١.٦٩	٤١.٦٦	٣٧٤٤	٢٤.٣٣	٩.٩٤	٧.٥٩	٩.٩	١٠.٩٦	١١٤٣	٢٨.١	٢٥.٣٩	٢٢.٦	obs
١٦٤٤٤	٢٦.٩٣٢	١٧.٩٠٣	١٦.٧٣٢	١٠.٢٩٢	١٠.٧٩٥	١٣.٧٩٤	١٩.٢٥٥	١٥.٣٥٣	٢٩.٠٥	١١.٤٤٩	٩.٣٦٩	sd
٤١	٤٤.٠١	٢٨.٤	١٠.٣٤	١١.٥٧	١٨.٩١	١٣.٣	١٢.٠١	٢١.٦٣	٢٧.٣	٢٩.٥	٢١.٤	gen
١٧٤٣٥	٢٣.٥٣١	١٢.٣٥١	٨.٩٧	٩.٣٦٨	١٥٨٢٩	١٥.٢٦٨	١٦.٠٣	١٨٨٢	١٢.٥٦٧	١٥.٦٤٢	١٠.١٤٢	sd
-١.٠٢٨	-٠.١٧٤	١.١	١.٩٤٩	-٠.٣٠٩	-١.٥٦٤	-٠٤٣٧	-٠.١١٢	-١.١١١	٠.٠٦٧	-٠.٥٦٢	٠.٢٣	t
٠.٣٢٤	٠٨٦٤	٠.٢٩٣	٠.٠٧٥	٠.٧٦٢	٠.١٤٤	٠.٦٧	٠٩١٣	٠.٢٨٨	٠.٩٤٨	٠.٥٨٥	٠٨٢٢	p-t
١.١٢٤	١.٣١	٢.١٠١	٣٤٧٩	١.٢٠٧	٢.١٥	١.٢٢٥	١٤٤٣	١.٥٠٣	٥.٣٤٤	١٨٦٧	١.١٧٢	f
٠٨٩١	٠.٧٥١	٠.٣٨٨	٠.١٥٥	٠٨٢٥	٠.٣٧٤	٠٨١٢	٠.٦٦٧	٠.٦٣٣	٠.٠٦١	٠.٤٦٧	٠٨٥٢	p-f
-٢٩.٣٨	-٥.٦٤	٢٤.١٥	٥٧.٥	-١٦.٤٠	-١٤٩.١٤	-٣٤.٣٤	-٩.٥٨	-٨٩.٢٤	٢٨٥	-١٦.١٩	٥.٣١	سطح نزدیکی

جدول ۱۰- مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه مینودشت

Table 10- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for the year 2011 to 2045 at Minodasht station

JAN	**FEB**	**MAR**	**APR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AUG**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DEC**	
٨٢.٠٣	٨٣.١٧	٨٨.٦٣	٧٩.٠٧	٤٥.٧	١٦.٣	٣٨	٦٤.٣٧	٢٨.٩٧	٥٩.١	٨١.٧٧	٦١.٤٧	**obs**
٤٠٤٨٣	٢٥٨٩١	٣٩.٢٢٢	٢٤.٠١٢	٦١.٢٣٦	٢٤.٠٠٣	١٢.٧١١	٣٦٤١٥	١٧.٠٨٢	٥٧.٥٤٢	٥٢.٩١٥	٢٨.١٣٧	**sd**
١٠٤.٠٣	٧٠٤٧	٨٢.٩٧	٧٩.٩٣	٧٤.٣٧	١٢.٦٧	٣٥.١٣	٧٥.٧	٣١.٣٧	٥٤.٥٧	٩١.١٧	٣٨.٣٣	**gen**
٢١.٠٢٧	١٨.٢٦٦	٢٥٤٠٧	٢٧.٩٤٥	٤٤.٩٩٧	١٣.٥٧٧	٥٣.٦٣٦	٢٩٨٣٦	٨٨٨٦	٢١.٥٣١	٥.٤٧٨	١٩.٤٩٤	**sd**
-٠٨٣٥	٠.٦٩٤	٠.٢١	-٠.٠٤١	-٠.٦٥٣	٠.٢٢٨	٠.٠٩	-٠٤١٧	-٠.٢١٦	٠.١٢٨	-٠.٣٠٦	١.١٧١	**t**
٠.٤٥١	٠.٥٢٦	٠٨٤٤	٠.٩٦٩	٠.٥٤٩	٠٨٣١	٠.٩٣٣	٠.٦٩٨	٠٨٤	٠.٩٠٤	٠.٧٧٥	٠.٣٠٧	**p-t**
٣.٧٠٧	٢.٠٠٩	٢.٣٨٣	١.٣٥٤	١٨٥٢	٣.١٢٦	١٧٨٠٥	١٤٩	٣.٦٩٥	٧.١٤٢	٩٣.٣٠٧	٢.٠٨٣	**f**
٠٤٢٥	٠.٦٦٥	٠.٥٩١	٠٨٤٩	٠.٧٠١	٠٤٨٥	٠.١٠٦	٠٨٠٣	٠.٤٢٦	٠.٢٤٦	٠.٠٢١	٠.٦٤٩	**p-f**
-٢٦.٨٢	١٥.٢٧	٦.٣٩	-١.٠٩	-٦٢.٧٤	٢٢.٢٧	٧.٥٥	-١٧.٦٠	-٨.٢٨	٧.٦٦	-١١.٥٠	٣٧.٦٤	سطح نزدیکی

جدول ۱۱– مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه بندر گز

Table 11-Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Bandargaz station

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٤٣.٩	٣١.٢	٧٦.٦٦	٤٤.٢٤	٢١ ٨٢	٢٦.٧٨	٢٠٨٤	١٥.١٢	٧٧.٣٨	٥٦٤٤	٦٠.٢٨	٤٥.٩٨	obs
٢٣.٣٨٤	١٤.٧٠١	٣٢.٤٦٢	٣٤.٠٠٦	٢٣.٠٨٧	٥٠.١٧٧	٢٣.٦٤١	٢١.٥٦١	٣٩.٤٥٢	٣٢.٧٠٩	٣٠٤٥	٤٢.٤٢	sd
٢٧.٩٢	٣٠.٣	٦٢.١٢	٥١.٥٦	١٧.٠٤	٦٥.٥٨	٢٣.٢٢	١٥٨٢	٧٢.٣٢	٥٦٨٢	٩٦.٧٨	٨٣.٧٤	gen
١٦٨٧٣	١٦.٣٨٢	١٥.٧٩	٦١.٤٥٥	٢٢.٣٧٣	٧٩.٣٤٩	١٦.٥٥٩	٣٠.٢٩٥	٧٤.٩٠٨	٤٤.٥٢١	٦٢.٠١٤	٤٠.٩٩٣	sd
١.٢٣٩	٠.٠٩١	٠.٩٠١	–٠.٢٣٣	٠.٣٣٢	–٠.٩٢٤	–٠.١٨٤	–٠.٠٤٢	٠.١٣٤	–٠.٠١٥	–١.١٨١	–١٤٣١	t
٠.٢٥	٠.٩٢٩	٠.٣٩٤	٠٨٢٢	٠.٧٤٨	٠.٣٨٢	٠٨٥٨	٠.٩٦٧	٠٨٩٧	٠.٩٨٨	٠.٢٧١	٠.١٩	p-t
١.٩٢١	١.٢٤٢	٤.٢٢٧	٣.٢٦٦	١.٠٦٥	٢.٥٠١	٢.٠٣٨	١.٩٧٤	٣.٦٠٥	١٨٥٣	٤.١٤٨	١.٠٧١	f
٠.٥٤٣	٠٨٣٩	٠.١٩٢	٠.٢٧٨	٠.٩٥٣	٠.٣٩٦	٠.٥٠٧	٠.٥٢٦	٠.٢٤٢	٠.٥٦٥	٠.١٩٧	٠.٩٤٩	p-f
٣٦٤	٢٨٨	١٨.٩٧	–١٦.٥٥	٢١.٩١	–١٤٤ ٨٨	–١١٤٢	–٤.٦٣	٦.٥٤	–٠.٦٧	–٦٠.٥٥	–٨٢.١٢	سطح نزدیکی

جدول ۱۲– مقایسه بارش ماهانه دوره پایه با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 - برای سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ ایستگاه گرگان

Table 12- Comparison of the monthly rainfall of the base period with the rainfall simulated by the HadCM3 model for 2011 to 2045 at Gorgan station

JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
٤٢.٠١	٤١.٠٦	٥٤.٠٨	٤٠.٩٦	٢٩.١١	٢٣.٥٦	١٣.٣	١٨.٩١	٣٩.٢٩	٤٢.٧٦	٦٤.٥	٤٥.١٤	obs
٣٣.٩٤٩	٢٥.٦٢٩	٣٣.٣٦١	٣٤.٢٢٦	٢٣.٥٠٣	٢١.٣٩	٢٢.١٩١	٢٥.٢١١	٣٣.٢٨٦	٣١.١٣٣	٤٤.٧٣٤	٢٩.٣٨	sd
٥٣.٧	٣١.٩	٢٧.١١	٤٤٤٣	١٦.٥	٢٥.٩٦	١٤.٠٤	١٦.٧٩	٣٢.٢٤	٣٤.٢	٦٧٤١	٣٦.٦٦	gen
٤٢.٩٥٢	٣٢.٠٦٥	٣٢٨٥	٤٧.٥٦٣	١٩.٢٩٢	٢٥٨٩١	١٩.٩٢٧	٢٤.٩١٦	٣٥٨٥٤	٣٢٨٠١	٦٣.٥٩٩	٤٥.١٥	sd
٠.٩٧٨–	١.٠٢٣	٢.٦٣٩	–٠.٢٧٢	١.٩٠١	–٠.٣٢٧	–٠.١١٤	٠.٢٧٥	٠.٦٦	٠٨٦٧	–٠.١٧١	٠.٧٢١	t
٠.٣٣٤	٠.٣١٣	٠.٠١٢	٠.٧٨٧	٠.٠٦٤	٠.٧٤٦	٠.٩١	٠.٧٨٥	٠.٥١٣	٠.٣٩١	٠٨٦٥	٠.٤٧٥	p-t
١.٦٠١	١.٥٦٥	١.٠٣١	١.٩٣١	١.٤٨٤	١.٤٦٥	١.٢٤	١.٠٢٤	١.١٦	١.١١	٢.٠٢١	٢.٣٦٢	f
٠.٣٠١	٠.٣٢٤	٠.٩٤٦	٠.١٥	٠.٣٨٥	٠.٤	٠.٦٣٥	٠.٩٥٩	٠.٧٤٣	٠٨١٨	٠.١٢٤	٠.٠٦١	p-f
–٢٧٨٣	٢٢.٣١	٤٩٨٧	–٨٤٧	٤٣.٣٢	–١٠.١٩	–٥.٥٦	١١.٢١	١٧.٩٤	٢٠.٠٢	–٤.٥١	١٨.٧٩	سطح نزدیکی

جدول ۱۳- میانگین دما پیش‌بینی شده با دوره زمانی ۳۵ ساله ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵

Table 13- Average predicted temperature with a period of 35 years from 2011 to 2045

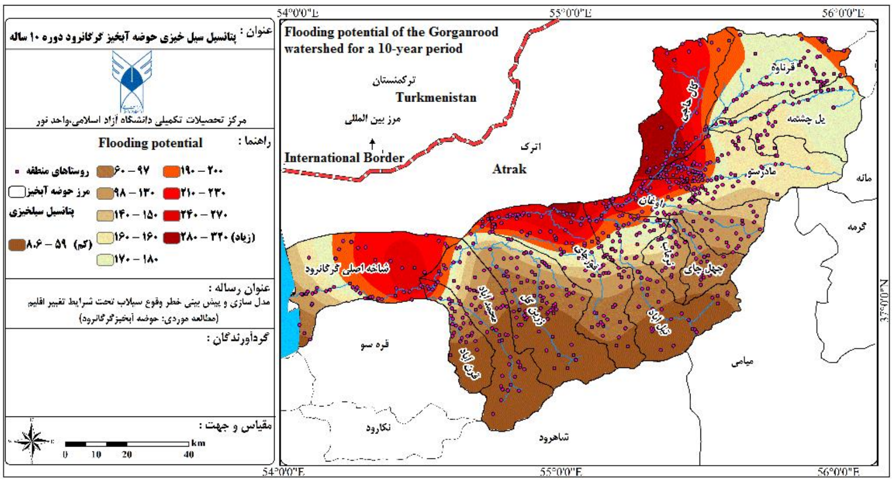
STAION	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
علی آباد کتول Aliabad	١٠.٩	١٢.٣	١٦.٩	٢٠.١	٢٦.٢	٣٢.١	٣٤.٥	٣٣	٢٩.٨	٢٤.٨	١٨	١٤.٤
بندرگز Bandar gaz	١٤	١٣.١	١٦.٨	٢٢	٢٦.٨	٣٠.٢	٣٢	٣٣.٧	٣٠.٨	٢٤.٤	١٩	١٣.٩
بندرترکمن Bandartorkmen	١١.٩	١٢.١	١٦	٢٠.٨	٢٥.٩	٢٩.٥	٣١.٧	٣٢.١	٢٩.٦	٢٤.٣	١٨.٥	١٣.٢
گنبد کاووس Gonbadkavos	١٢.١	١٤.١	١٧	٢١.٩	٢٩.١	٣٤.٣	٣٦.٢	٣٦.٦	٣٢.٦	٢٧.٦	١٩.٨	١٥.٢
گرگان Gorgan	١١.٧	١٣.٣	١٦.٧	٢٢	٢٧.١	٣١.٤	٣٣.٤	٣٣.٦	٣٠.٧	٢٥.٧	١٩.٤	١٤.٦
هاشم آباد Hashemabad	١٢	١٣.٢	١٨	٢٠.١	٢٧.٣	٣٢.٥	٣٤.٣	٣٤.١	٣١.٥	٢٦.٢	٢٠.٣	١٥.٦
اینچه برون Incheboron	١٣.٣	١٣.١	١٨	٢٦.٤	٣١.٤	٣٤.٩	٣٦.٧	٣٧.٦	٣٣.٩	٢٥.٨	١٩.٢	١٣.٢
کلاله Kalale	١١.٤	١٤.٢	١٨.٤	٢٠.٥	٢٧.٨	٣٤.٥	٣٥.٤	٣٥.٨	٣٢	٢٧	٢٠	١٥.٣
مراوه تپه Maravetape	٩.٨	١٢.٧	١٥.٦	٢١.١	٢٧.٥	٣٢.٧	٣٤.٦	٣٥.٣	٣٠.٥	٢٤.٥	١٨.١	١٢.٩
مینودشت Minudasht	١٣.٢	١٢.٩	١٦	٢٣.١	٣٠.١	٣٣.٦	٣٥.١	٣٦.٦	٣٢.٨	٢٤.٦	١٩.٣	١٢.٨

سناریوSRA1B برای ایستگاه مینودشت، علی‌آباد و گرگان در ماه ژانویه افزایش بارندگی و برای ایستگاه اینچه‌برون، کلاله و مراوه‌تپه کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند؛ اما در مجموع، بارش متوسط سالانه و ماهانه در این دوره روند افزایشی را دارد. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت، علی‌آباد و هاشم‌آباد گرگان در ماه فوریه به ترتیب با مقدار ۸۶/۸ میلی‌متر،۱۱۳/۷ میلی‌متر،۷۷/۶ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای ایستگاه بندر گز، گرگان، مراوه‌تپه و اینچه‌برون کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۴۵- ۲۰۱۱ پیش‌بینی کردند؛ اما در مجموع، بارش متوسط سالانه و ماهانه در این دوره روند افزایشی را دارد. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت، علی‌آباد، بندر گز و گنبدکاووس در ماه مارس به ترتیب با مقدار ۸۱/۴ میلی‌متر، ۷۷/۸ میلی‌متر، ۷۴/۶ میلی‌متر، ۶۸/۴ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای ایستگاه بندر ترکمن، گرگان، مراوه‌تپه و اینچه‌برون کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند؛ اما در مجموع، بارش متوسط سالانه و ماهانه در این دوره روند افزایشی را دارد. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت، علی‌آباد، کلاله و گنبدکاووس در ماه آوریل به ترتیب با مقدار ۸۱/۰ میلی‌متر، ۵۶/۸ میلی‌متر، ۷۹/۹ میلی‌متر، ۶۶/۳ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای ایستگاه بندر ترکمن، گرگان، مراوه‌تپه و اینچه‌برون کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند؛ اما در مجموع، بارش متوسط سالانه و ماهانه در این دوره روند افزایشی را دارد. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت در ماه می به ترتیب با مقدار ۴۵/۷ میلی‌متر

افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه بندر گز، علی‌آباد، کلاله و بندر ترکمن در ماه ژوئن به ترتیب با مقدار ۴۵/۰ میلی‌متر، ۳۷/۷ میلی‌متر، ۳۱/۹ میلی‌متر، ۳۷/۴ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه بندر گز، مینودشت، بندر ترکمن، گنبدکاووس، کلاله و مراوه‌تپه در ماه جولای به ترتیب با مقدار ۲۵/۷ میلی‌متر، ۳۱/۹ میلی‌متر، ۲۶/۲ میلی‌متر، ۲۳/۶ میلی‌متر ۲۲/۳ میلی‌متر، ۲۱/۳۰ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت و علی‌آباد در ماه آگوست به ترتیب با مقدار ۷۸/۲ میلی‌متر، ۵۵/۲ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه هاشم‌آباد، علی‌آباد و بندر گز در ماه سپتامبر به ترتیب با مقدار ۸۹/۵ میلی‌متر، ۸۷/۷ میلی‌متر، ۷۰/۳ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت، بندر ترکمن، علی‌آباد و بندر گز در ماه اکتبر به ترتیب با مقدار ۶۴/۱ میلی‌متر، ۶۵/۵ میلی‌متر، ۶۲/۳ میلی‌متر، ۵۳/۳ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت، بندر ترکمن، علی‌آباد، بندر گز و گرگان در ماه نوامبر به ترتیب با مقدار ۶۴/۳ میلی‌متر، ۶۳/۰ میلی‌متر، ۶۹/۶ میلی‌متر، ۵۹/۹ میلی‌متر، ۶۸/۹ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند. سناریو SRA1B برای ایستگاه مینودشت، بندر ترکمن، علی‌آباد، بندرگز و کلاله در ماه دسامبر به ترتیب با مقدار ۵۳/۴ میلی‌متر، ۴۹/۹ میلی‌متر، ۴۰/۸ میلی‌متر، ۴۹/۸ میلی‌متر، ۵۰/۸ میلی‌متر افزایش بارندگی و برای سایر ایستگاه‌ها کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۱۱–۲۰۴۵ پیش‌بینی کردند.

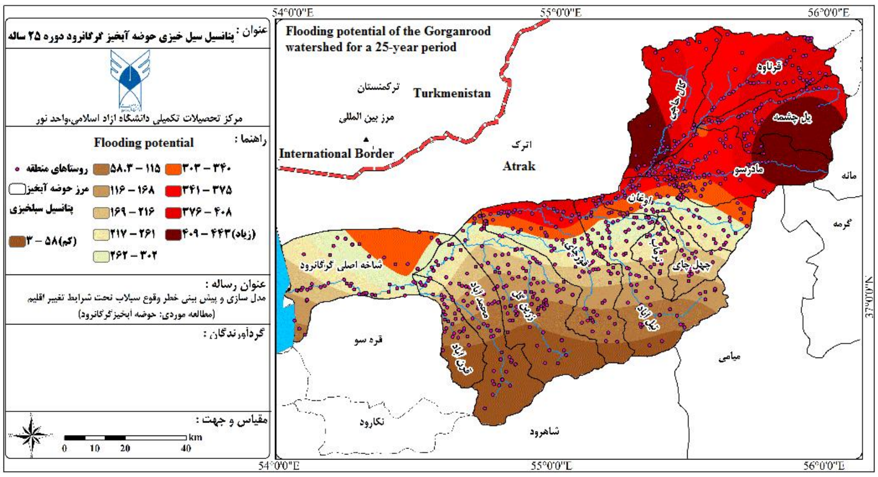
طبق جدول ۱۳ در تمامی ایستگاه‌ها به‌جز مینودشت، علی‌آباد و بندرگز در پارامتر دمای متوسط شاهد افزایش دمای ماهانه در دوره‌ی مطالعاتی خواهیم بود. این در حالی است که تغییرات بارش در دو ایستگاه اینچه برون و مراوه‌تپه کاهش و در دیگر ایستگاه‌ها شاهد افزایش بارش نسبت به دوره‌ی مشاهداتی ست. این نکته نیز قابل‌ذکر می‌باشد که در تمامی ایستگاه‌ها در فصل تابستان با کاهش بارش نسبت به دوره پایه، مواجه خواهیم

شد و همچنین در همه‌ی ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه اینچه‌برون و مراوه‌تپه شاهد افزایش بارش در فصل پاییز نسبت به دوره‌ی پایه هستیم. در دید کلی می‌توان چنین استنباط کرد که بارش‌های حدی و ناگهانی حوضه آبخیز گرگانرود در دوره‌های آتی دارای روند افزایشی معنی‌داری خواهد بود.



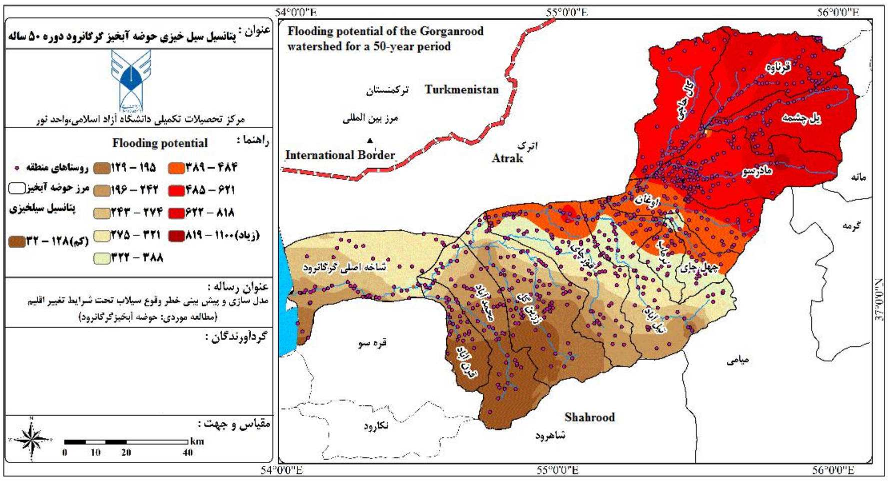
شکل ۴- پهنه‌بندی خطر سیلاب آینده با استفاده از خروجی روش SWAT دوره ۱۰ ساله

Fig.4. Zoning of future flood risk using the output of SWAT method for 10 years period



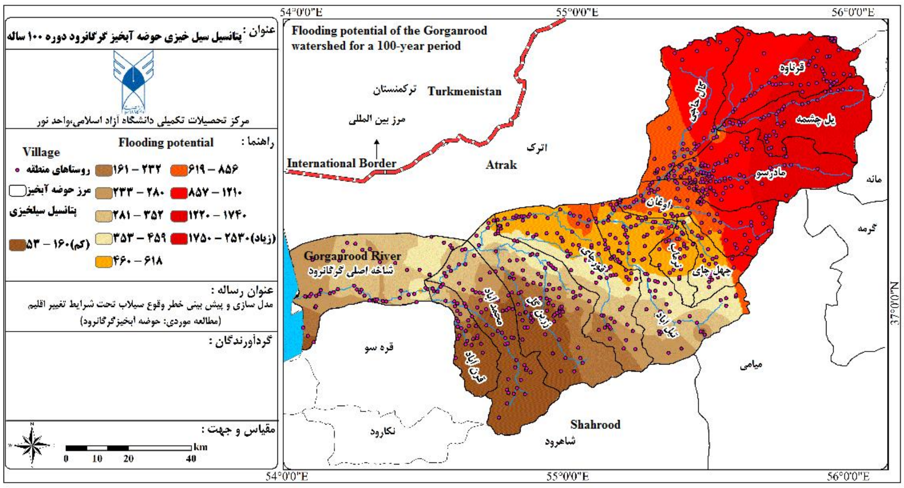
شکل ۵- پهنه‌بندی خطر سیلاب آینده با استفاده از خروجی روش SWAT دوره ۲۵ ساله

Fig.5. Zoning of future flood risk using the output of SWAT method for 25 years period



شکل ۶- پهنه‌بندی خطر سیلاب آینده با استفاده از خروجی روش SWAT دوره ۵۰ ساله

Fig.6. Zoning of future flood risk using the output of SWAT method for 50 years period



شکل ۷- پهنه‌بندی خطر سیلاب آینده با استفاده از خروجی روش SWAT دوره ۱۰۰ سال

Fig.7. Zoning of future flood risk using the output of SWAT method for 100 years period

شبیه‌سازی نتایج شبیه‌سازی دبی بر اساس SWAT: نتایج حاصل برای سناریوSRA1B نشان داد که برای ماه می‌افزایش دبی ۲۱/۱۱ درصدی پیش‌بینی شده است. از سوی دیگر همین سناریو برای ماه اکتبر کاهش دبی ۱۳/۲ درصدی را پیش‌بینی کرده است. طبق سناریوSRA1B برای هر دو ماه می و اکتبر به ترتیب کاهش دبی ۲/۹ و ۳۸/۶۳ درصدی پیش‌بینی شده است.

بخش مدل‌سازی و پیش‌بینی بارش تحت شرایط تغییر اقلیم: سناریوهای تغییر اقلیم دمای ماهانه از مدل HadCM3 برای ماه‌های مختلف سال نیز نشان‌دهنده بیشترین تغییرات دمایی در ماه‌های ژوئن، آگوست و فوریه می‌باشد که نشان‌دهنده گرم‌تر شدن ماه‌های گرم سال و حتی گرم‌تر شدن ماه فوریه در دوره‌های آتی می‌باشد که این پدیده‌ها نیز بر روی زمان گل‌دهی گیاهان، ایجاد تنش آبی در فصول تابستان تأثیر خواهد گذاشت. مقایسه میانگین دماهای حداکثر (بیشینه) و حداقل (کمینه) در دوره پایه و شبیه‌سازی شده با مدل HadCM3 حوضه آبخیز گرگانرود نیز نشان‌دهنده گرم‌تر شدن ماه‌های گرم سال و تأیید موضوع موردبحث را دارد. نتایج نشان می‌دهند که هم دمای حداکثر و هم دمای حداقل ایستگاه‌ها در دوره آینده افزایش خواهد یافت. در تمامی ایستگاه‌ها با توجه به پیش‌بینی‌های انجام شده به‌وسیله مدل LARS-WG بارندگی برای سناریو بارش در دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه در بعضی ماه‌ها افزایش و در بعضی ماه‌ها کاهش داشته است. به‌طوری‌که در ماه تابستان کاهش بارش و در مقابل فصل زمستان نسبت به دوره‌ی پایه بارندگی افزایش خواهد یافت.

با مطالعه وضعیت میانگین درصد تغییرات بارش برای سناریویSRA1B در ۲ دوره؛ ۲۰۴۵-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۵ نیز نشان‌دهنده تغییرات بارش از در ماه آگوست در دوره، ۲۰۴۵-۲۰۱۱ تا ۳۷/۵ درصد در ماه نوامبر همین دوره نسبت به دوره پایه را دارد. افزایش بسیار بالای تغییرات بارشی در ماه نوامبر نیز به جهت ایجاد سیلاب‌های پائیزه قابل‌بررسی و تعمق می‌باشد.

بیشترین افزایش بارش ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 با رقم ۱۰۰ میلی‌متر برای سناریوی SRA1B در ماه نوامبر می‌باشد که این رقم بیش از سه برابر بارش دور پایه در منطقه مطالعاتی می‌باشد که ازلحاظ ایجاد سیلاب‌های مهیب و آمادگی جهت مقابله با حوادث احتمالی را می‌طلبد، روند افزایش و کاهش بارندگی در ماه‌های مخصوصاً اکتبر و نوامبر و کاهش بارندگی در ماه‌های جولای و آگوست می‌باشد.

پهنه‌بندی نهایی سیلاب: در حوضه آبخیز گرگانرود بیشینه و کمینه مقادیر دبی با دوره‌های مختلف بازگشت سیل به شرح ذیل می‌باشد:

سیل ۱۰ ساله: حداکثر دبی سیل با دوره بازگشت ۱۰ ساله مربوط به ایستگاه پارک جنگلی گلستان واقع در زیر حوضه مادرسو با ۳۶۷ مترمکعب بر ثانیه بوده و حداقل آن مربوط به ایستگاه‌های گرمابدشت و امامزاده در زیرحوضه شاخه اصلی و سفلی گرگانرود با ۳ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (شکل ۴).

سیل ۲۵ ساله: حداکثر دبی سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله مربوط به ایستگاه پارک جنگلی گلستان و تنگراه واقع در زیرحوضه مادرسو با ۵۵۶ و ۵۱۷ مترمکعب بر ثانیه بوده و حداقل آن مربوط به ایستگاه گرمابدشت در زیرحوضه شاخه اصلی و سفلی گرگانرود با ۴ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (شکل ۵).

سیل ۵۰ ساله: حداکثر دبی سیل با دوره بازگشت ۵۰ ساله مربوط به ایستگاه تنگراه واقع در زیرحوضه مادرسو با ۱۲۰۰ مترمکعب بر ثانیه بوده و حداقل آن مربوط به ایستگاه گرمابدشت در زیرحوضه شاخه اصلی و سفلی گرگانرود با ۵ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (شکل ۶).

سیل ۱۰۰ ساله: حداکثر دبی سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله مربوط به ایستگاه تنگراه واقع در زیرحوضه مادرسو با ۲۷۷۹ مترمکعب بر ثانیه بوده و حداقل آن مربوط به ایستگاه گرمابدشت در زیرحوضه شاخه اصلی و سفلی گرگانرود با ۵ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (شکل ۷).

با عنایت به آنچه آمد می‌توان بیان نمود که در مجموع، بیشترین مقادیر دبی با دوره‌های مختلف بازگشت سیل (۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله)، مربوط به زیرحوضه مادرسو بوده و کمترین مقادیر این دبی نیز مربوط به زیرحوضه شاخه اصلی و سفلی گرگانرود می‌باشد. به‌طورکلی افزایش بارش و رواناب‌های حدی دلیل بر پرآب شدن منطقه نیست. علی‌رغم افزایش رواناب، دبی پایه کاهش و روزهای خشک به دلیل تبخیر بالا افزایش یافته است. ازاین‌رو افزایش رواناب نشان از افزایش وقایع حدی دارد که منجر به سیل در منطقه می‌گردد.

۴-نتیجه‌گیری

با توجه به وسعت و توپوگرافی حوضه رودخانه گرگانرود که توان بالایی را در تولید رواناب دارد و همچنین تبدیل کاربری‌های زمین از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی، زمینه مناسبی را برای تشدید سیلاب‌ها فراهم کرده است. بی‌شک یکی از مهم‌ترین دلایل وقوع سیلاب و افزایش دبی سیلاب‌های استان گلستان در دهۀ اخیر، تغییر کاربری اراضی و عدم تناسب کاربری‌های فعلی با توانایی اراضی است. قرارگیری

روستاها و همچنین زمین‌های کشاورزی در حریم رودخانه‌ی گرگانرود لزوم بررسی در رابطه با تغییر اقلیم، تولید رواناب و سیلاب را توجیه می‌کند. بر همین اساس کاهش و مهار نسبی خطرات سیلاب یکی از چالش‌های عمده مدیریت در منطقه است. لذا یکی از راهکارهای کاهش خسارت سیلاب، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز گرگانرود خواهد بود.

میزان کاهش رواناب در ماه‌های گرم سال و اوایل پاییز و اواخر بهار می‌باشد. البته کاهش در فصل گرم روند یکنواخت‌تری را دنبال می‌کند. در سناریوهای مختلف استثناهایی نیز وجود دارد. در اواخر زمستان و اوایل بهار افزایش دیده می‌شود. دلیل این افزایش به‌طور مستقیم با افزایش دما و افزایش بارش‌های حدی در دوره- آتی مرتبط است. افزایش دما باعث افزایش نرخ ذوب برف در منطقه خواهد شد و به‌مرورزمان منابع آب موجود در ارتفاعات و مناطق سرد ذوب‌شده که منجر به سیلاب در منطقه می‌گردد.

با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی به‌طور مستقیم محیط طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین افزایش رشد جمعیت انسانی در پهنه گرگانرود در چند سال آینده به حدود دو برابر خواهد رسید، این ناهنجاری‌های اقلیمی و به‌تبع آن سیلاب‌ها در آینده نیاز غذایی استان گلستان را تهدید خواهد کرد. تغییر اقلیم بر کارکردها و خدمات اکوسیستمی مراتع حوضه آبخیز گرگانرود به‌صورت کمی و کیفی اثرگذار است. باوجودآنکه علل واقعی تغییرپذیری اقلیمی به‌طور کامل شناخته نشده است، لیکن فرضیه‌هایی به‌عنوان عوامل مؤثر در تغییرات اقلیم مطرح‌شده‌اند که نتیجه تمام این فرضیه‌ها، تغییر پارامترهای درجه حرارت و بارندگی است.

نتایج این تحقیق در خصوص اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی با نتایج بحری و دستورانی (Bahri & Dastorani, 2017) و در بررسی اثر تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی سیل در حوضه‌ی رودخانه با چهار مدل اقلیمی تحت سناریو RCP4.5،RCP8.5 و برای شبیه‌سازی رواناب‌های سالانه حداکثر از مدل SWAT با نتایج اقبال و همکاران (Iqbal et al., 2018) و همچنین با استفاده از سناریوهای اقلیمی و مدل SWAT با نتایج گودرزی و فتحی فر (Goodarzi & Fatehifar, 2019) و نیز خوش‌روش و همکاران (Khosh Ravesh et al., 2018) همخوانی دارد.

پیشنهاد می‌شود با توجه به این‌که کلیه مدل‌های اقلیمی دارای درصدی از خطا در شبیه‌سازی‌ها هستند که با روش‌های مختلف نظیر ریزمقیاس نمایی می‌توان این خطاها و عدم قطعیت ناشی از آن‌ها را کاهش داد لیکن

در مورد آشکارسازی و نسبت‌دهی با توجه به اینکه شبیه‌سازی‌ها مربوط به اثرات جداگانه‌ای چون گازهای گلخانه‌ای، آئروسل و یا تغییرپذیری درونی اقلیم می‌باشند و داده مشاهداتی مشابه یا معادلی برای آن‌ها وجود ندارد لذا ریزمقیاس نمایی یا تصحیح خطای موجود به سهولت امکان‌پذیر نیست. این موضوع در برنامه مطالعات آتی نگارنده بوده و علاقه‌مندان، پژوهش در این خصوص را مدنظر قرار دهند.

یادداشت:

این مقاله برگرفته از رساله دکتری آقای عبدالحافظ پناهی به راهنمایی اول دکتر غلامرضا جانباز قبادی و راهنمایی دوم دکتر صدرالدین متولی و مشاور دکتر شهریار خالدی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور است که در تاریخ ۳۱ خرداد ۱۴۰۲ دفاع نهایی شده است. رساله مذکور حامی مالی نداشته است.

References

Aghel poor, P., & Nadi, M. (2019). Evaluating SARIMA Model Accuracy in Modeling and Long-Term Forecasting of Average Monthly Temperature in Different Climates of Iran. *Journal of Climate Research*, *1397*(35), 113-126. [In Persian] https://clima.irimo.ir/article_83484.html

Asgari, S., & Safari, A. (2018). Investigation of flood capability in Jafarabad basin. *Applied Researches in Geographical Sciences*, *18*(50), 77-90. [In Persian] http://dx.doi.org/10.29252/jgs.18.50.77

Bahri, M., & Dastorani, M. T. (2017). Evaluation of the Impacts of Climate andLand Use Changes on Hydrological Responses of EskandariBasin in the Future Decade. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *6*(2), 37-57. [In Persian] https://doi.org/10.22067/geo.v6i2.56262

Confesor, R. B., & Whittaker, G. W. (2007). Sensitivity analysis and interdependence of the SWAT model parameters. In *2007 ASAE Annual Meeting*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. https://doi.org/10.13031/2013.23224

Feloni, E., Mousadis, I., & Baltas, E. (2020). Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach—The case of Attica region. *Journal of Flood Risk Management*, *13*, e12563. https://doi.org/10.1111/jfr3.12563

Ghasemiayan, H., & Najafi, E. (2019). Flood Hazard Zoning in Kouhdasht City Using Hierarchical and Fuzzy Analysis Model. *Geography and Human Relationships*, *2*(3), 403-417. [In Persian] https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453851.1398.2.3.24.6

Goodarzi, M., & Fatehifar, A. (2019). Flood risk zoning due to climate change under RCP 8.5 scenario using hydrologic model SWAT in Gis (Azarshahr basin). *Applied Researches in Geographical Sciences*, *19*(53), 99-117. [In Persian] http://dx.doi.org/10.29252/jgs.19.53.99

Imani, T., Dalghandi, M., Emamgholizadeh, S., & Ganji -noroozi, Z. (2022). Effects of climate change on floods volume and peak discharge (Case Study: Qaran Talar sub-catchmaent). *Iranian Journal of Ecohydrology*, *9*(1), 259-272. [In Persian] https://doi.org/10.22059/ije.2022.333410.1576

Iqbal, M. S., Dahri, Z. H., Querner, E. P., Khan, A., & Hofstra, N. (2018). Impact of climate change on flood frequency and intensity in the Kabul River Basin. *Geosciences*, *8*(4), 114-130. https://doi.org/10.3390/geosciences8040114

Jia, J., Wang, X., Hersi, N. A., Zhao, W., & Liu, Y. (2019). Flood-Risk zoning based on analytic hierarchy process and fuzzy variable set theory. *Natural Hazards Review*, *20*(3), 04019006. https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000329

Kastridis, A., Kirkenidis, C., & Sapountzis, M. (2020). An integrated approach of flash flood analysis in ungauged Mediterranean watersheds using post-flood surveys and unmanned aerial vehicles. *Hydrological Processes*, *34*(25), 4920-4939. https://doi.org/10.1002/hyp.13913

Khajuee, F., Khodashenas, S. R., & Mosaedi, A. (2021). The effect of human interventions on bed and right of way of Faroub Roman river and its flood characteristics. *Iranian journal of Ecohydrology*, *8*(2), 369-379. [In Persian] https://doi.org/10.22059/ije.2021.309921.1383

Khosh Ravesh, M., Mir Naseri, M., & Pasarkello, M. (2018). Change Detection of Precipitation Trend of Northern Part of Iran using Mann- Kendall Non-Parametric Test. *Journal Watershed Management Res*earch, *8*(16), 223-231. [In Persian] http://dx.doi.org/10.29252/jwmr.8.16.223

Kim, V., Tantanee, S., & Suparta, W. (2020). GIS-based flood hazard mapping using HEC-RAS model: A case study of lower Mekong river, Cambodia. *Geographia Technica*, *15*(1), 16-26. https://doi.org/10.21163/gt_2020.151.02

Lu, Z., Zou, S., Xiao, H., Zheng, C., Yin, Z., & Wang, W. (2015). Comprehensive hydrologic calibration of SWAT and water balance analysis in mountainous watersheds in northwest China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *79*, 76-85. https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.11.003

Meteorological organization of Golestan province. (2019). Statistics and data of meteorological stations. [In persian]

Młyński, D., Wałęga, A., Stachura, T., & Kaczor, G. (2019). A new empirical approach to calculating flood frequency in ungauged catchments: A case study of the upper Vistula basin, Poland. *Water*, *11*(3), 601-622. https://doi.org/10.3390/w11030601

Nafarzadegan, A. R., Mohammadifar, A. A., Vagharfard, H., & Foruzanfard, M. (2019). Combination of Multi-criteria Decision-making Models and Regional Flood Analysis Technique to Prioritize Sub-watersheds for Flood Control (Case study: Dehbar Watershed of Khorasan). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *8*(2), 27-45. [In Persian] https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.76607

Soltani, A., Galeshi, S., & Zeinali, E. (2000). Management and Planning Organization of Golestan province. [In Persian]

Yodying, A., Seejata, K., Chatsudarat, S., Chidburee, P., Mahavik, N., Kongmuang, C., & Tantanee, S. (2019). Flood hazard assessment using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of

Bang Rakam model in Thailand. In *Proceedings of the 40th Asian Conference on Remote Sensing, Daejeon Convention Center (DCC), Daejeon, Korea*, 14-18. https://www.researchgate.net/publication/336890938

Zaree, A., Asadi, E., Ebrahimi, A., Jafari, M., & Malekian, A. (2019). Study of temperature and precipitation changes under climate changes scenarios in rangelands of ChaharMahal-va-Bakhtiyari. *Journal of Rangeland*, *12*(4), 426-436. [In persian] http://dorl.net/dor/20.1001.1.20080891.1397.12.4.5.5